

# 无瓣海桑 (*Sonneratia apetala*) 对浮游微藻群落结构及生态功能的影响研究\*

黄齐欣<sup>1</sup>, 刘 玉<sup>1</sup>, 黄少峰<sup>1</sup>, 廖宝文<sup>2</sup>, 李 飞<sup>1</sup>  
(1. 中山大学环境科学与工程学院, 广东 广州 510275;  
2. 中国林业科学研究院热带林业研究所, 广东 广州 510520)

**摘 要:** 2009 年春季和秋季对广州市南沙区 14 涌和 19 涌以人工种植红树植物无瓣海桑 (*Sonneratia apetala*) 为主的湿地水体中的浮游微藻进行采样调查, 从种类数、丰度、门类组成和多样性指数对微藻进行群落结构及其生态功能的分析研究, 并以此对湿地水质进行评价和从藻类的角度分析无瓣海桑对湿地水体的净化功能。结果显示, 微藻种类极其丰富, 共鉴定出 8 门 92 属 338 种, 总丰度在  $10^5 \sim 10^7$  个/L 数量级, 其中以 19 涌湿地公园无瓣海桑林内微藻丰度最高, 达  $9.45 \times 10^6 \sim 1.20 \times 10^7$  个/L, 为超富营养水平。14 涌和 19 涌都存在着有机污染现象, 但 14 涌湿地水质要优于 19 涌, 主要与其内水文条件较优有关。无瓣海桑如果在较封闭的水体环境中易产生较严重的水体富营养化现象。在管理人工红树林湿地时应注意保证林内与林外水体的流通。

**关键词:** 无瓣海桑; 浮游藻类; 群落结构; 生态功能; 南沙湿地; 广州市

**中图分类号:** X171.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2011) 04-0134-05

## The Impact of *Sonneratia apetala* on Microalgae Community and its Ecology Function

HUANG Qixin<sup>1</sup>, LIU Yu<sup>1</sup>, HUANG Shaofeng<sup>1</sup>, LIAO Baowen<sup>2</sup>, LI Fei<sup>1</sup>

(1. Institute of Environmental Sciences, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China;

2. Research Institute of Tropical Forestry of CAF, Guangzhou 510520, China)

**Abstract:** Microalgae were investigated in two constructed *Sonneratia apetala* wetlands in the 14<sup>th</sup> and 19<sup>th</sup> water-channels of the Nansha district, Guangzhou city, China. Based on the data collected at 8 sampling points in spring and autumn in 2009, the species composition, abundance, community structure and diversity indices of microalgae were estimated to evaluate the wetland water quality and purification capacity of *S. apetala*. The microalgae were extremely abundant, with 338 species and the abundance ranged from  $10^5 \sim 10^7$  ind/L. The highest algal abundance occurred in the 19<sup>th</sup> channel, indicating a hyper-eutrophic status. Organic pollution was common in the study area, yet water quality in the 14<sup>th</sup> channel was better than that in the 19<sup>th</sup> channel due to its good hydrological conditions. Isolation of water in the *S. apetala* wetlands can lead to heavy eutrophication, so water circulation must be considered in the management of constructed mangrove wetlands.

**Key words:** *Sonneratia apetala*; microalgae; community structure; ecology function; Nansha wetlands; Guangzhou

红树林是具有重要生态意义的海岸生境<sup>[1]</sup>, 亦是一种独特的湿地类型。但由于人口增长、城市发展等因素影响, 我国红树林面积在 20 世纪 50 年代至 90 年代初一直呈下降趋势<sup>[2-3]</sup>。近年来, 人

\* 收稿日期: 2010-05-03

基金项目: “十一五” 国家科技支撑计划专题基金资助项目 (2006BAD03A1402), 广州市林业局基金资助项目

作者简介: 黄齐欣 (1987 年生), 女, 硕士研究生; 通信作者: 刘玉; E-mail: eeslyu@mail.sysu.edu.cn

们逐渐意识到红树林湿地的生态价值和重要性,特别是不少学者提出红树林具有的污染净化作用<sup>[4]</sup>,广泛开展了红树林的恢复和重建工作,无瓣海桑 (*Sonneratia apetala*) 由于具有生长迅速、适应性广、定居容易的特点<sup>[5]</sup>,成为先锋树种而被广泛引种扩种,种植面积估计达 3 800 hm<sup>2</sup><sup>[6]</sup>。无瓣海桑作为引入种,需从多方面研究其可能带来的生态影响,目前较多的研究集中在其对乡土红树的影响<sup>[2,6-7]</sup>,但关于无瓣海桑湿地中的浮游微藻和湿地水体营养状况的研究较少。

浮游藻类在湿地中具有重要生态功能,其最显著的作用是作为湿地食物网中的初级生产者,也作为湿地环境污染的指示生物<sup>[8]</sup>。因此,本课题对广州市南沙区 2 处典型的以大面积人工种植无瓣海桑为主的湿地区域中的浮游微藻进行研究,旨在了解无瓣海桑湿地内藻类群落结构特征和生态功能,从藻类角度评价无瓣海桑湿地的水体质量,提出城市发展过程中科学利用和保护湿地资源的建议。

## 1 材料与方法

### 1.1 调查区概况及样点布设

南沙区位于广州市南端,区域内水网密布、河涌纵横,有洪奇沥、横沥、沥沁沙等重要水道,有虎门、蕉门、洪奇门和横门 4 个出海口门,亦有漫长曲折的海岸线,加之长期的人工围垦,形成了类型多样、面积广大的湿地。选择水流开放性的 14 涌和水流封闭性的 19 涌湿地公园 2 块典型的湿地进行研究,两湿地均以人工种植的大面积的红树植物无瓣海桑 (*S. apetala*) 为主,19 涌内也有小面积芦苇 (*Phragmites communis*)。14 涌人工无瓣海桑林面积约为 16 a,19 涌湿地公园面积约为 133 a。

共布设 8 个采样点,其中 14 涌 2 个,无瓣海桑林内 ( $A_1$ ) 和无瓣海桑林外 ( $A_2$ ); 19 涌南沙湿地公园 6 个,入水口 ( $B_0$ )、无瓣海桑林内 ( $B_1$ )、无瓣海桑水道 ( $B_2$ )、芦苇 ( $B_3$ )、裸滩 ( $B_4$ ) 和出水口 ( $B_5$ )。其中  $A_2$  作为  $A_1$  的参照点,  $B_2$  作为  $B_1$  的参照点,而  $B_0$  和  $B_4$  作为园内各点的参照点,它们两个本身也形成一个对照关系,是园内水质和园外水质的一个对照。

### 1.2 样品采集与鉴定

于 2009 年春季 (5 月) 和秋季 (11 月) 进行微藻采样,鲁哥氏液固定,虹吸法浓缩,0.1ml 浮游植物计数框镜检、鉴定及计数。

### 1.3 多样性指数的计算

藻类多样性可用于指示水体环境的优劣。采用

Shannon-Wiener 丰富度指数 ( $H'$ )、Pielou 均匀度指数 ( $J$ ) 计算藻类多样性指数。其计算公式分别为:

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \times \log_2 P_i, \quad P_i = n_i/N \quad (1)$$

式中,  $S$  为样品中的种类总数;  $P_i$  为第  $i$  种的个体数 ( $n_i$ ) 与总个体数 ( $N$ ) 之比值。

$$J = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

$$H'_{\max} = \log_2 S \quad (2)$$

式中  $H'_{\max}$  为最大丰富度。

### 1.4 数据处理方法

使用 Excel 2007 和 SPSS 17.0 对实验数据进行分析。

## 2 结果与讨论

### 2.1 浮游藻类种类组成特征

浮游藻类种类丰富,共鉴定出 8 门 92 属 338 种。在春季,共有藻类 8 门 72 属 219 种,出现种类最多的是硅藻门 20 属 62 种,绿藻门 27 属 58 种,裸藻门 5 属 47 种。在秋季,共有藻类 7 门 63 属 210 种,出现种类最多的是硅藻门 23 属 75 种,裸藻门 6 属 47 种,绿藻门 18 属 38 种。两季各样点的种类数如表 1 所示。

表 1 南沙二湿地浮游藻类种类组成<sup>1)</sup>  
Table 1 Species composition of microalgae in two wetlands in Nansha

藻类各门	$A_1$	$A_2$	$B_0$	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$
	春	秋	春	秋	春	秋	春	秋
蓝藻门	3	3	7	-	4	6	1	1
绿藻门	10	14	18	16	19	12	5	1
硅藻门	26	36	20	31	13	23	7	12
裸藻门	5	6	15	2	7	18	20	17
隐藻门	7	2	10	4	7	4	10	13
甲藻门	4	6	5	3	5	6	6	-
金藻门	-	-	1	2	-	-	2	-
黄藻门	-	-	2	-	-	-	-	-
总种类数	55	67	78	58	45	69	49	46
	32	41	20	26	50	27	51	25

1) - 表示没有出现

由表 1 可见,在春、秋两季公园内样点 ( $B_1$ - $B_5$ ) 的藻种类总数均低于公园外样点 ( $A_1$ 、 $A_2$ 、 $B_0$ ),特别是芦苇  $B_3$  种类数最少,而在  $A_2$  出现的种类数最多,且也只有  $A_2$  有黄藻门的拟气球藻 (*Botrydiopsis arhiea*)、尖锐拟小椿藻 (*Characiopsis acuta*) 出现,说明  $A_2$  点藻类多样性高,  $A_2$  点水

质相对较好。8 个样点中除了芦苇 ( $B_3$ ) 完全无裸藻门种类出现外, 其它 7 个样点均有裸藻门藻类出现, 裸藻属 (*Euglena*) 藻类是最典型的有机污染指示藻类, 因此反映了所调查的这一湿地区域存在有机污染或生活污水污染现象, 特别是 19 涌园内的无瓣海桑林内 ( $B_1$ ) 在春、秋季都出现了大量的裸藻, 各有 20 种和 17 种裸藻种类出现, 一般在餐饮业直排的污水中尚少见如此多的裸藻门种类, 显示出  $B_1$  严重的有机污染现象。

## 2.2 浮游藻类的丰度及生境特征分析

藻类丰度是水生态系统功能和水质评价的重要参数之一, 图 1 是春、秋季各样点藻类总丰度。春季藻类的总丰度变化范围为  $3.59 \times 10^5 \sim 1.20 \times 10^7$  个/L, 秋季藻类的总丰度变化范围为  $1.11 \times 10^6 \sim 9.45 \times 10^6$  个/L, 春、秋季浮游藻类丰度的最小值分别出现在  $B_3$ 、 $A_2$ , 最大值均出现在  $B_1$ , 通过单因素方差分析知  $B_1$  点藻类总丰度显著高于其余各样点 ( $p < 0.05$ )。春、秋季藻类总丰度在  $B_2$  变动最大, 其余各点相对稳定 (图 1)。

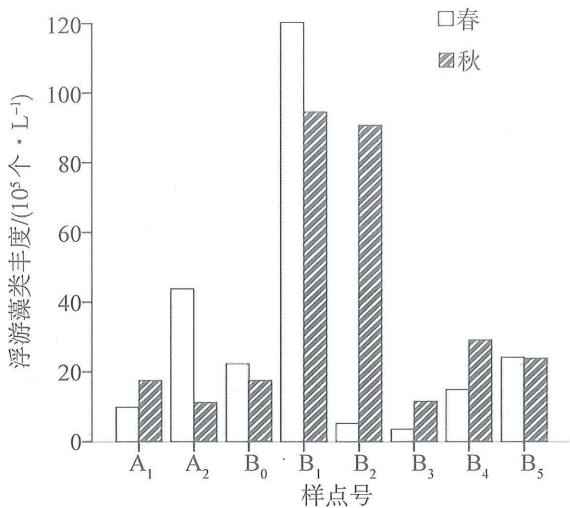


图 1 南沙二湿地浮游藻类总丰度

Fig. 1 The abundance of microalgae in two wetlands in Nansha

根据有关文献水质营养型的单项评价指标<sup>[9]</sup>: 浮游植物数量在  $3 \times 10^5 \sim 10 \times 10^5$  个/L 为中营养, 在  $10 \times 10^5 \sim 10 \times 10^6$  个/L 为富营养, 大于  $10 \times 10^6$  个/L 为重富营养。从 5 月结果来看, 藻类在  $A_1$ 、 $B_2$ 、 $B_3$  为中营养水平, 其余样点均超出富营养水平, 尤以 19 涌无瓣海桑林内 ( $B_1$ ) 最高, 为重富营养水平, 在所有调查样点中富营养现象最重。从

11 月结果来看, 藻类在所有样点均为富营养水平, 其中仍以  $B_1$  富营养现象最重。

$B_1$  富营养化程度在两次调查均较重, 分析认为林内种植的红树无瓣海桑产生了大量的凋落物, 加之林内水道和林外水道之间的水体交换缓慢, 使林内水道处于一个相对封闭的环境, 凋落物不易随水流出而在林内不断积累, 其中含有的大量营养元素进入水体为藻类生长提供了一个比较适宜的生长环境, 使其出现异常高的峰值。 $B_1$  点有机污染严重, 出现极多的裸藻门藻类及其在丰度上占优势也反映了这一状况,  $B_1$  点 5 月和 11 月裸藻门丰度分别为达到  $3.0 \times 10^5$ 、 $1.6 \times 10^6$  个/L。

14 涌无瓣海桑林为开放性水道, 受潮汐影响, 水体交换频繁、流动性好, 林内 ( $A_1$ )、林外 ( $A_2$ ) 藻类丰度没有明显规律性, 说明只要水体流动性好, 林内和林外都可能生长有很多藻类, 与在林内或林外无太大关系。

湿地公园  $B_1$  点的藻类丰度在春秋两季均高于 14 涌  $A_1$  点, 也说明水体封闭以后对藻类的发展和促进富营养化确有重要作用。

## 2.3 浮游藻类群落结构分析

浮游藻类的门类组成和藻类多样性指数是了解浮游藻类群落结构的两个重要方面。不同的群落结构组成能够反映水体受污染的程度和水体所处的营养水平, 如以硅藻为优势的水体污染程度较轻。

南沙湿地各样点春、秋季藻门类组成的变化如图 2 所示。无瓣海桑林内 ( $A_1$ )、无瓣海桑林外 ( $A_2$ ) 和入水口 ( $B_0$ ) 在春、秋季均以硅藻门藻类为优势, 为较常见水体状况。园内各样点不同季节间藻类组成有很大区别, 春季园内各样点以硅藻、隐藻为主, 亦为较常见的结构组成, 见图 2。秋季蓝藻门的典型好污水性的泥生颤藻 (*Oscillatoria limosa*) 在公园入水口  $B_0$  处形成优势种, 而在园内各点均没有出现此种藻类; 另一突出特点是金藻门中的华美色金藻 (*Chromulina elegans*) 在  $B_1$ - $B_5$  都有出现, 且单种数量非常高 (为  $3.8 \times 10^5 \sim 7.24 \times 10^6$  个/L), 在  $B_1$ 、 $B_3$ 、 $B_4$  和  $B_5$  形成优势种, 而在 14 涌又完全没有这一藻类, 在 19 涌的入水口处也无。金藻门藻类为偏冷性静水种类, 园内水体的相对封闭性为这一藻种的发展提供了较好的水温和水文条件, 说明园内相对静水易造成单种藻种的暴发, 引发“藻华”现象。

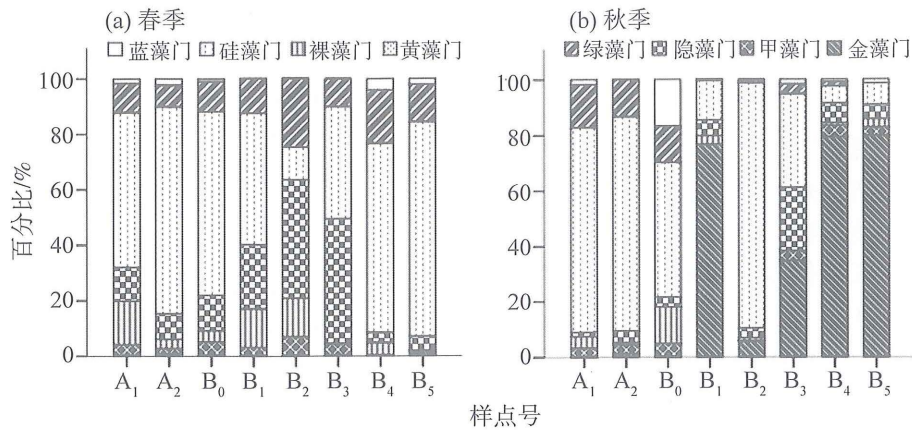


图 2 春、秋季不同藻类门的组成变化

Fig. 2 Percentages of microalgae division in two seasons

藻类多样性指数同样可以指示水体环境的优劣。Shannon-Wiener 丰富度指数 ( $H'$ ) 指示水体污染情况的常用标准为<sup>[10]</sup>: 0~1.0 为重污染; 1.0~3.0 为中污染; >3.0 为轻度污染或无污染。Pielou 均匀度指数 ( $J$ ) 越大, 反映种间个体分布越均匀, 水质污染程度越轻, 反之亦然。

南沙湿地各样点藻类多样性指数的变化如图 3 所示。由图 3 (a) 知,  $A_1$ 、 $A_2$ 、 $B_0$ 、 $B_3$  的 Shannon-Wiener 指数在春秋季均较大地超过 3.0, 说明 14 涌湿地、19 涌入水口和芦苇处的水质最好, 处

于轻污染水平, 在春季  $B_1$ 、 $B_2$ 、 $B_4$ 、 $B_5$  点  $H'$  值亦大于 3.0, 但在秋季  $H'$  值在 1.0~3.0 之间, 说明秋季水质差于春季, 处于中度污染水平。由图 3 (b) 知, 在春秋季  $A_1$ 、 $A_2$ 、 $B_0$ 、 $B_3$  点的浮游藻类种间分布均匀, 而  $B_1$ 、 $B_2$ 、 $B_4$ 、 $B_5$  点在秋季分布欠均匀。从丰富度和均匀度两个指数分析各样点的都得到一致的结果, 即  $A_1$ 、 $A_2$ 、 $B_0$  和  $B_3$  的水质状况最佳,  $B_1$ 、 $B_2$ 、 $B_4$ 、 $B_5$  点在秋季受到污染相对较大。这也和前面从藻类种类与丰度的讨论结果相似。

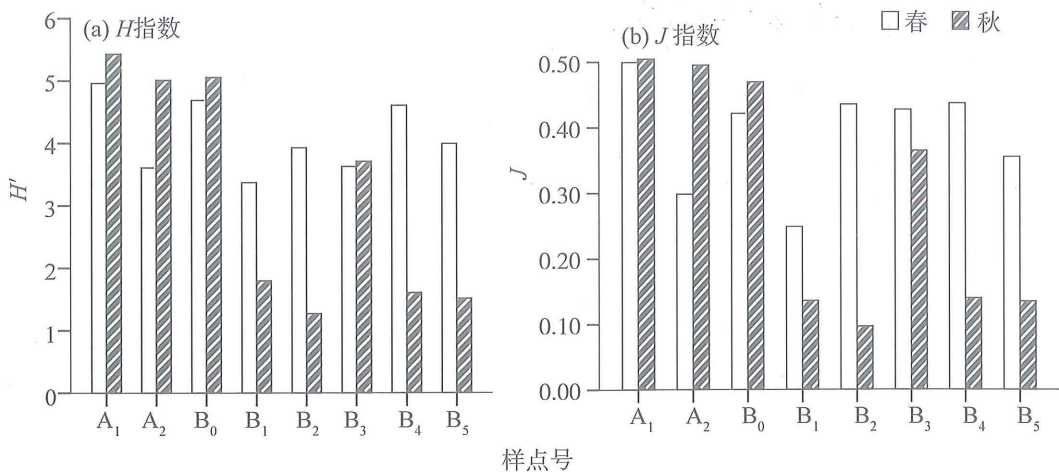


图 3 南沙湿地各样点的藻类多样性指数变化

Fig. 3 Species diversity indices of microalgae in two wetlands in Nansha

### 2.4 湿地植物净化功能

文献[11-12]指出在实验条件下多种红树植物包括无瓣海桑对污水都具有净化作用。本次调查结果显示: 无瓣海桑林内或林外都可以生长有大量的浮游藻类, 无瓣海桑对藻类丰度没有明显的降低

现象, 尤其是在水流不畅的林内, 藻类更可以大量繁殖到超富营养水平, 因此, 不能说无瓣海桑对藻类有净化作用, 反而是无瓣海桑对藻类生长有较大的促进作用。

同样在同一个园内, 从藻类总丰度看,  $B_3$  和

B<sub>0</sub>、B<sub>1</sub>相比,在秋季和春季,芦苇B<sub>3</sub>点藻类丰度均要低于B<sub>0</sub>、B<sub>1</sub>点,同时B<sub>3</sub>也是所有样点中藻类丰度最低的点,说明芦苇湿地的水质较优,芦苇可使藻类数量控制在较低水平。分析认为芦苇湿地中藻类数量较低的原因可能是芦苇对水体的净化作用很好,也可能是芦苇凋落物量较少,不能提供给藻类较好的营养物和生长条件以至于藻类都不能很好生长,抑或是芦苇含有某些活性物质<sup>[13]</sup>抑制藻类的生长,这有待于进一步的研究。

### 3 结 论

南沙湿地14涌、19涌浮游藻类种类极为丰富,达338种,藻类总丰度在 $10^5 \sim 10^7$ 个/L数量级,无瓣海桑林内水体藻类处于富-重富营养水平,尤其是有大量的裸藻门种类出现。该湿地区域存在较重的有机污染或生活污水污染现象,这应引起有关管理部门的注意。

与无瓣海桑湿地相比,芦苇湿地的藻类丰度低、多样性高、有机污染最轻,说明芦苇对水体的净化作用要远优于无瓣海桑。在湿地资源的开发利用时,可根据不同湿地类型的特性来进行,如可进一步研究用芦苇来进行污水的生态治理。而无瓣海桑红树林内总是具有很高的藻类丰度,具有加重沿岸海域富营养化的潜势,因此,引种植时应引起高度重视。

14涌湿地水体环境要优于19涌,主要是两湿地水文条件的差异使然。因此在进行人工红树林湿地的种植和恢复时,应注意在规划设计和红树种植阶段保证林内和林外水体的流畅,可有效防止海域沿岸水体的富营养化现象。

#### 参考文献:

- [1] ROY R. LEWIS III. Ecological engineering for successful management and restoration of mangrove forests [J]. Ecological Engineering, 2005, 24(4): 403 - 418.
- [2] HAI R, HONG F L, WEI J S, et al. *Sonneratia apetala* Buch. Ham in the mangrove ecosystems of China: An invasive species or restoration species? [J]. Ecological Engineering, 2009, 13(8): 1243 - 1248.
- [3] 郑德璋, 李玫, 郑松发, 等. 中国红树林恢复和发展研究进展[J]. 广东林业科技, 2003, 19(1): 10 - 14.
- [4] WU Y, CHUNG A, TAM N F Y, et al. Constructed mangrove wetland as secondary treatment system for municipal wastewater [J]. Ecological Engineering, 2008, 34: 137 - 146.
- [5] 李云, 郑德璋, 陈焕雄, 等. 红树植物无瓣海桑引种的初步研究 [J]. 林业科学研究, 1998, 11(1): 39 - 44.
- [6] 李玫, 廖宝文. 无瓣海桑的引种及生态影响 [J]. 防护林科技, 2008(3): 100 - 102.
- [7] 曾雯璐, 廖宝文, 陈先仁, 等. 无瓣海桑与三种乡土红树植物混交的生态效应 [J]. 生态科学, 2008, 27(1): 31 - 37.
- [8] 熊丽, 谢丽强, 生秀梅, 等. 湿地中的藻类生态学研究进展 [J]. 应用生态学报, 2003, 14(6): 1007 - 1011.
- [9] 金相灿, 刘洪亮, 屠清瑛, 等. 中国湖泊富营养化 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1990: 52.
- [10] 刘素娟, 陶建华, 赵海萍. 渤海湾浮游植物的多样性分析 [J]. 河北工程大学学报: 自然科学版, 2007, 24(1): 74 - 77.
- [11] KANOKPORN B, SOMKIAT P, PIPAT P. The use of a mangrove plantation as a constructed wetland for municipal wastewater treatment [J]. Water Science and Technology, 2003, 48(5): 257 - 266.
- [12] ZHANG J E, LIU J L, YANG Y O, et al. Removal of nutrients and heavy metals from wastewater with mangrove *Sonneratia apetala* Buch-Ham [J]. Ecological Engineering, 2010, 36(6): 807 - 812.
- [13] 李锋民, 胡洪营. 芦苇抑藻化感物质的分离及其抑制蛋白核小球藻效果研究 [J]. 环境科学, 2004, 25(5): 89 - 92.